

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

Masato KOIKE et al.

Serial No.: 09/642,883 (unofficial)

Filed: August 22, 2000



Group art unit: 2872 (expected)

Examiner: Not yet assigned

For: PLANE DIFFRACTION GRATING BASED ON SURFACE NORMAL ROTATION  
AND ITS APPLICATION TO AN OPTICAL SYSTEM

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Director of Patents and Trademarks  
Washington, D. C. 20231

Date: November 21, 2000

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 11 235848, Filed August 23, 1999

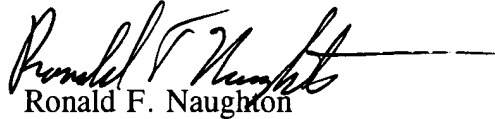
In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our  
Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI,  
McLELAND & NAUGHTON

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "Ronald F. Naughton", is written over a horizontal line.

Ronald F. Naughton  
Attorney for Applicants  
Reg. No. 24,616

Atty. Docket No. 001035  
1725 K Street, N.W., Suite 1000  
Washington, DC 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
RFN/kah

#4

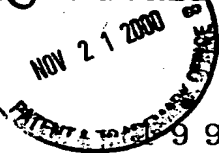
日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:



1999年 8月23日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第235848号

出 願 人

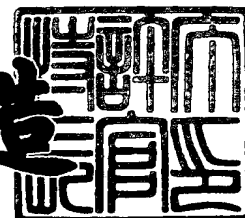
Applicant (s):

日本原子力研究所  
株式会社島津製作所

2000年 9月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3072428

【書類名】 明細書

【発明の名称】 円錐回折斜入射分光器及び該分光器用回折格子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの発散光を収束光に変換する収束光生成手段と、前記光源から前記収束光の焦点へ至る光路上に配置された平面回折格子とを備え、前記平面回折格子をその格子面の法線に平行に定められた回転軸の周りに回動させることにより波長走査を行う円錐回折斜入射分光器において、

前記平面回折格子は、前記収束光の主光線が前記回転軸と前記格子面との交点とは異なる点で該格子面に入射するように配置され、

前記収束光により照明される前記格子面の各領域における溝形状は、前記回転軸を中心とした該領域の回転位置に応じて決定されていること、  
を特徴とする円錐回折斜入射分光器。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の分光器に用いられる平面回折格子において、格子溝の形状がブレード型であり、該平面回折格子の格子面内で前記格子溝に平行に定められた軸を  $z$  軸とし、該平面回折格子への入射光の光路及び該平面回折格子から出る回折光の光路を含む平面である子午面の法線と前記  $z$  軸とが成す角度を  $\phi$  とし、該平面回折格子への入射光の入射角を  $\alpha$  とし、該平面回折格子からの前記回折光の回折角を  $\beta$  とし、 $\phi = 0$  のときに該平面回折格子により生成される回折光の波長を  $\lambda_0$  とし、前記角度が  $\phi$  のときに該平面回折格子により生成される回折光の波長を  $\lambda$

【数 1】

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\cos \phi}$$

としたとき、 $\phi = 0$  のときの波長  $\lambda_0$  の入射光により照明される前記格子面の領域に形成された格子溝の前記子午面におけるブレード角  $\theta_0$  は

【数 2】

$$\theta_0 = \frac{\alpha + \beta}{2}$$

を満たし、前記角度が  $\phi$  のときの波長  $\lambda$  の入射光により照明される前記格子面の

【書類名】 特許願

【整理番号】 K0990180

【提出日】 平成11年 8月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/00

【発明の名称】 円錐回折斜入射分光器及び該分光器用回折格子

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府寝屋川市三井南町 2 5 番地 1 号 日本原子力研究所  
関西研究所内

【氏名】 小池 雅人

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所  
内

【氏名】 佐野 一雄

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所  
内

【氏名】 原田 善寿

【特許出願人】

【識別番号】 000004097

【氏名又は名称】 日本原子力研究所

【特許出願人】

【識別番号】 000001993

【氏名又は名称】 株式会社島津製作所

【代理人】

【識別番号】 100095670

【弁理士】

【氏名又は名称】 小林 良平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019079

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001993]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地  
氏 名 株式会社島津製作所



領域に形成された格子溝の前記子午面におけるブレイズ角  $\theta_\phi$  は

【数 3】

$$\sin \theta_\phi = \sin \theta_0 \sqrt{\frac{1 + \tan^2 \phi}{1 + \tan^2 \phi \sin^2 \theta_0}}$$

を満たすことを特徴とする平面回折格子。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の平面回折格子において、前記格子溝の表面に反射率を高めるための多層膜が蒸着されており、波長  $\lambda_0$  の光に対する前記多層膜の平均屈折率を  $n$  とし、波長  $\lambda$  の光に対する前記多層膜の平均屈折率を  $n_\phi$  とし、 $\delta = 1 - n$  とおき、 $\delta_\phi = 1 - n_\phi$  とおき、 $R_{\alpha 0}$  を

【数 4】

$$R_{\alpha 0} = \sqrt{1 - (2\delta - \delta^2) / \cos^2 \alpha}$$

とし、 $R_{\alpha \phi}$  を

【数 5】

$$R_{\alpha \phi} = \sqrt{1 - (2\delta_\phi - \delta_\phi^2) / \cos^2 \alpha}$$

としたとき、 $\phi = 0$  のときの波長  $\lambda_0$  の入射光により照明される前記格子面の領域に蒸着された前記多層膜の単位膜厚  $d_{b 0}$  は

【数 6】

$$m_b \lambda_0 = 2d_{b 0} R_{\alpha 0} \cos(\alpha - \theta_0)$$

を満たし、前記角度が  $\phi$  のときの波長  $\lambda$  の入射光により照明される前記格子面の領域に蒸着された前記多層膜の単位膜厚  $d_{b \phi}$  は

【数 7】

$$m_b \lambda = 2d_{b \phi} R_{\alpha \phi} \cos(\alpha - \theta_0)$$

を満たすことを特徴とする請求項 2 に記載の平面回折格子。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の分光器に用いられる平面回折格子において、格子溝の形状がラミナー型であり、該平面回折格子の格子面内で前記格子溝に平

行に定められた軸を z 軸とし、該平面回折格子への入射光の光路及び該平面回折格子から出る回折光の光路を含む平面である子午面の法線と前記 z 軸とが成す角度を  $\phi$  とし、該平面回折格子への入射光の入射角を  $\alpha$  とし、該平面回折格子からの前記回折光の回折角を  $\beta$  とし、 $\phi = 0$  のときに該平面回折格子により生成される回折光の波長を  $\lambda_0$  とし、前記角度が  $\phi$  のときに該平面回折格子により生成される回折光の波長を  $\lambda$

【数 8】

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\cos \phi}$$

としたとき、 $\phi = 0$  のときの波長  $\lambda_0$  の入射光により照明される前記格子面の領域に形成された格子溝の前記子午面における溝深さ  $h_0$  は

【数 9】

$$h_0 = \frac{\lambda_0}{2(\cos \alpha + \cos \beta)}$$

を満たし、前記角度が  $\phi$  のときの波長  $\lambda$  の入射光により照明される前記格子面の領域に形成された格子溝の前記子午面における溝深さ  $h_\phi$  は

【数 10】

$$h_\phi = \frac{\lambda_0}{2(\cos \alpha + \cos \beta) \cos \phi}$$

を満たすことを特徴とする平面回折格子。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の平面回折格子において、前記格子溝の表面に反射率を高めるための多層膜が蒸着されており、波長  $\lambda_0$  の光に対する前記多層膜の平均屈折率を  $n$  とし、波長  $\lambda$  の光に対する前記多層膜の平均屈折率を  $n_\phi$  とし、 $\delta = 1 - n$  とおき、 $\delta_\phi = 1 - n_\phi$  とおき、 $R_{\alpha 0}$  及び  $R_{\beta 0}$  を

【数 11】

$$R_{\alpha 0} = \sqrt{1 - (2\delta - \delta^2) / \cos^2 \alpha}, \quad R_{\beta 0} = \sqrt{1 - (2\delta - \delta^2) / \cos^2 \beta}$$

とし、 $R_{\alpha \phi}$  及び  $R_{\beta \phi}$  を

【数 1 2】

$$R_{\alpha\phi} = \sqrt{1 - (2\delta_{\phi} - \delta_{\phi}^2) / \cos^2 \alpha}, \quad R_{\beta\phi} = \sqrt{1 - (2\delta_{\phi} - \delta_{\phi}^2) / \cos^2 \beta}$$

としたとき、 $\phi = 0$  のときの波長  $\lambda_0$  の入射光により照明される前記格子面の領域に蒸着された前記多層膜の単位膜厚  $d_{b0}$  は

【数 1 3】

$$m_b \lambda_0 = d_{b0} (R_{\alpha 0} \sin \alpha + R_{\beta 0} \sin \beta)$$

を満たし、前記角度が  $\phi$  のときの波長  $\lambda$  の入射光により照明される前記格子面の領域に蒸着された前記多層膜の単位膜厚  $d_{b\phi}$  は

【数 1 4】

$$m_b \lambda = d_{b\phi} (R_{\alpha\phi} \sin \alpha + R_{\beta\phi} \sin \beta)$$

を満たすことを特徴とする請求項 4 に記載の平面回折格子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、円錐回折斜入射分光器及びそれに適した平面回折格子（以下、単に回折格子とする）の設計に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

分光器に用いられる回折格子の設計においては、回折効率が最大化されるように溝の形状を最適化する必要がある。例えば、溝の断面形状が鋸歯波状であるブレード型格子ではブレード角を最適化し、溝の断面が矩形波状であるラミナー型格子では溝深さを最適化する。

【0 0 0 3】

上記のように作成された回折格子を、例えば、回折格子の溝方向と平行な軸周りに回折格子を回動させることにより波長走査を行う定偏角分光器に用いた場合、特定の一波長の光の回折効率は最大化されるものの、その他の波長の光の回折

効率とは最大化されない。このような問題を解決する方法として、例えば、(1) 補助鏡を用いて偏角を波長毎に変えるという方法（例えば、23.M.Koike, "High resolution EUV monochromator/Spectrometer," U.S. Pat. No. 5,528,364）、あるいは、(2) 図 5 に示したように、格子溝の深さを溝方向（B 方向）で変化させた回折格子を軸 A の周りに回動させることにより波長走査を行う際に、その回動に同期させて該回折格子を溝方向にスライドさせる方法が考案されている。しかし、いずれの方法も、波長走査のために回折格子を回動させる機構の他に、該回折格子の回動に応じて補助鏡の角度を変更する機構又は上記のように回折格子をスライドさせるための機構が別途必要であり、更に、それらの機構の動作を高精度で同期させる制御手段も必要となる。このように装置の構成及び制御が複雑になるため、定偏角分光器に上記のような方法を実際に応用することは困難である。

【0004】

一方、回折格子の格子面上における入射光の入射点を通り該格子面に垂直な軸の周りに回折格子を回動させることにより波長走査を行う円錐回折斜入射分光器が知られている（例えば、M.C. Hettrick, "Grating monochromators and spectrometers based on surface normal rotation, Monochromator with concave grating", U.S. Pat. No. 5,274,435）。この分光器においても、特定の一波長の光の回折効率は最大化されるものの、その他の波長の光の回折効率は最大化されないという問題はやはり存在し、この問題を解決するような有効な手段はこれまで考案されていなかった。このような事情に鑑み、本発明は、格子面に垂直な軸の周りに回折格子を回動させることにより波長走査を行う円錐回折斜入射分光器において、収差が小さく、しかも波長によらず高い回折効率が得られるような分光器を提供する。また、本発明は、前記目的が達成されるように設計された回折格子を提供する。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために成された本発明は、光源からの発散光を収束光に変換する収束光生成手段と、前記光源から前記収束光の焦点へ至る光路上に配置さ

れた平面回折格子とを備え、前記平面回折格子をその格子面の法線に平行に定められた回転軸の周りに回動させることにより波長走査を行う円錐回折斜入射分光器において、

前記平面回折格子は、前記収束光の主光線が前記回転軸と前記格子面との交点とは異なる点で該格子面に入射するように配置され、

前記収束光により照明される前記格子面の各領域における溝形状は、前記回転軸を中心とした該領域の回転位置に応じて決定されていること、  
を特徴とする円錐回折斜入射分光器を提供する。

#### 【0006】

また、上記平面回折格子に反射率を高めるための反射膜を形成する場合は、該反射膜の構成（単位膜厚）を、上記回転軸を中心とした該領域の回転位置に応じて決定するようにする。

#### 【0007】

また、本発明は、上記のように構成された円錐回折斜入射分光器に好適に利用される各種回折格子を提供する。

#### 【0008】

#### 【発明の実施の形態及び発明の効果】

図1は本発明の一形態である円錐回折斜入射分光器を構成する主な光学素子の配置を示す斜視図である。この分光器において、入口スリット1からの光は凹面鏡2で反射されて収束光に変換され、回折格子3に入射し、そこで回折され、出口スリット4に結像する。回折格子3への入射光の入射角は $\alpha$ 、回折格子3からの回折光の回折角は $\beta$ で示されている。図に示したx y z座標系は、回折格子3の格子面30上における前記収束光の主光線の入射点31を原点とする直交座標系であって、そのx軸は格子面30に直交し、y軸は格子溝に直交し、z軸は格子溝に平行である。また、入射点31とは別に回転中心32が定められており、この点32を通過して格子面30に直交する軸を中心として回折格子3を回動させることにより、波長走査が行われる。回折格子3への入射光の光路及び回折格子3から出る回折光の光路を含む平面である子午面の法線とz軸とが成す角度 $\phi$ は回折格子3の回転位置を表す。回転位置の基準（ $\phi = 0$ ）は、格子溝が入射光と

直交するような回転位置（入射光の光路及び回折光の光路を含む平面である子午面に格子溝が直交するような回転位置）である。

【0 0 0 9】

図2は、回折格子3の格子面30を示す平面図である。格子面上の線状領域R1は回折格子3の回転角度が0のときの入射光による被照明領域を示し、線状領域R2は回転角度が $\phi$ のときの被照明領域を示す。

【0 0 1 0】

（例1）回折格子3としてブレード型格子を用いる場合の格子の設計例について図2及び図3を参照しながら説明する。図3（A）は領域R1における格子溝の断面形状を示す図である。この図は、領域R1における格子溝のブレード角が $\theta_0$ 、溝間隔がdであることを示している。いま、領域R1に入射した光から生成される回折光の波長を $\lambda_0$ とすると、この波長 $\lambda_0$ の光の回折効率を最大化するには、ブレード角 $\theta_0$ を次式

【数15】

$$\theta_0 = \frac{\alpha + \beta}{2} \quad (1)$$

により求まる角度とすればよいことが一般に知られている。

【0 0 1 1】

ところで、従来の方法で設計されたブレード型格子では、格子面30の全面でブレード角が一定であるが、このように設計された格子を上記分光器に用いると、 $\lambda_0$ 以外の波長の光の回折効率（すなわち、 $\phi \neq 0$ での回折効率）を最大化することができない。これは次のように説明される。すなわち、回折格子3の回転位置が $\phi$ であるとき、入射光は格子面30の領域R2を照明するが、このとき、領域R2の長さ方向に沿った格子溝の断面図は図3（B1）に示したようになる。そして、この領域R2に入射した光から生成される回折光は

【数16】

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\cos \phi} \quad (2)$$

で求められる波長 $\lambda$ を有する。図3（B1）からわかるように、回折格子3の回

転角度が  $\phi$  のとき、格子面 3 0 の領域 R 2 に含まれる部分は、

【数 1 7】

$$d_{\phi} = \frac{d}{\cos \phi} \quad (3)$$

で表される溝間隔  $d_{\phi}$  を有し、

【数 1 8】

$$\theta_{0\phi} = \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_0}{\sqrt{1 + \tan^2 \phi \cos^2 \theta_0}} \right) \quad (4)$$

で表されるブレイズ角  $\theta_{0\phi}$  を有するブレイズド型格子として作用する。式 (4) から明らかなように、 $\theta_{0\phi}$  は  $\theta_0$  よりも小さいが、その一方で、入射角  $\alpha$  及び回折角  $\beta$  は回転角度  $\phi$  に関わらず一定である。従って、角  $\theta_{0\phi}$  は式 (1) で表される最適化条件を満たさない。このように、上記のように設計されたブレイズド型格子を用いた場合、波長  $\lambda$  の光の回折効率は最大化されないことになる。

【0 0 1 2】

そこで、本願発明者等は、上記領域 R 2 におけるブレイズ角  $\theta_{\phi}$  を予め  $\theta_0$  よりも適宜大きくすることにより、上記波長  $\lambda$  の光の回折効률을最大化する方法を発明した。すなわち、本願発明者等による詳しい解析の結果、波長  $\lambda$  に対応する回転角度  $\phi$  に対応する線状領域における最適ブレイズ角  $\theta_{\phi}$  は次式

【数 1 9】

$$\theta_{\phi} = \sin^{-1} \left( \sin \theta_0 \sqrt{\frac{1 + \tan^2 \phi}{1 + \tan^2 \phi \sin^2 \theta_0}} \right) \quad (5)$$

により表されることがわかった。これにより、回転角度  $\phi$  のときの波長  $\lambda$  の入射光に照明される部分の実効ブレイズ角は  $\theta_0$  となり (図 3 (B 2) 参照)、全ての波長  $\lambda$  で光の回折効率が最大化される。

【0 0 1 3】

また、従来の分光器では、入射点 3 1 と回転中心 3 2 とが一致するように回折格子 3 を配置していたが、このような配置では、格子面 3 0 の入射点 3 1 の近傍

領域は回折格子 3 の回転角度  $\phi$  に関わらず常に収束光により照明される。従って、前記近傍領域においては上記のように回転角度  $\phi$  に応じてブレイズ角を最適化することはできない。この問題を解決するため、上記分光器では、回転中心 3 2 を被照明領域 R 1、R 2 からずらして設けている。このようにすれば、回折格子 3 の回転角度  $\phi$  に関わらず常に収束光に照明されるような領域は存在しないため、各領域毎にブレイズ角を最適化することができる。

【0 0 1 4】

(例 2) 次に、例 1 のように作成されたブレイズ型の回折格子 3 の溝の表面に多層膜を蒸着して回折効率を向上させる方法について説明する。まず、回折格子 3 の回転角度  $\phi = 0$  (波長  $\lambda_0$ ) に対応する線状領域に蒸着する多層膜の単位膜厚を  $d_{b0}$  としたとき、波長  $\lambda_0$  の光の回折効率を向上させるには、Bragg の条件を表す次式

【数 2 0】

$$m_b \lambda_0 = 2d_{b0} R_{\alpha 0} \cos(\alpha - \theta_0) \quad (6)$$

を満たすように  $d_{b0}$  を定めればよい。ここで、 $R_{\alpha 0}$  は、波長  $\lambda_0$  の光に対する多層膜の平均屈折率を  $n$  とし、 $\delta = 1 - n$  としたときに、

【数 2 1】

$$R_{\alpha 0} = \sqrt{1 - (2\delta - \delta^2) / \cos^2 \alpha} \quad (7)$$

で表される量である。次に、回転角度  $\phi$  (波長  $\lambda$ ) に対応する線状領域に蒸着する多層膜の単位膜厚を  $d_{b\phi}$  としたとき、 $d_{b\phi}$  の値は次のようにして求められる。すなわち、回折格子 3 の回転角度が  $\phi$  であるとき、入射光線と溝の表面の法線とが成す角と、回折光線と溝の表面の法線とが成す角は、式 (1) から、

【数 2 2】

$$\alpha - \theta_\phi = -\beta + \theta_\phi \quad (8)$$

に等しいから、Bragg の条件を表す式は、



【数 2 3】

$$m_b \lambda = 2d_{b\phi} R_{\alpha\phi} \cos(\alpha - \theta_0) \quad (9)$$

と表される。ここで、 $R_{\alpha\phi}$  は、波長  $\lambda$  の光に対する多層膜の平均屈折率を  $n_\phi$  とし、 $\delta_\phi = 1 - n_\phi$  としたときに

【数 2 4】

$$R_{\alpha\phi} = \sqrt{1 - (2\delta_\phi - \delta_\phi^2) / \cos^2 \alpha} \quad (10)$$

で表される量である。以上のように回転角度  $\phi$  に対応して定められた単位膜厚  $d_{b\phi}$  を有する多層膜を格子面 3 0 に形成すれば、全ての波長  $\lambda$  で光の回折効率を向上させることができる。

【0 0 1 5】

(例 3) 次に、上記分光器に含まれる回折格子 3 としてラミナー型格子を用いる場合の格子設計について説明する。この場合、回転角度  $\phi = 0$  (波長  $\lambda_0$ ) に対応する線状領域における格子溝の溝深さ  $h_0$  を次式

【数 2 5】

$$h_0 = \frac{\lambda_0}{2(\cos \alpha + \cos \beta)} \quad (11)$$

により決定することにより、波長  $\lambda_0$  の光の一次光の回折効率が最大化されるとともに偶数次の回折光が非常に弱められることは、例えば、K.H.Hellwege の論文 Z.Phys. Vol. 106, pp.588-596 (1937) から一般に知られている。また、回折格子 3 の回転角度  $\phi$  に対応する波長  $\lambda$  は

【数 2 6】

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\cos \phi} \quad (12)$$

で表される。従って、最適な溝深さ  $h_\phi$  は次式

【数 2 7】

$$h_\phi = \frac{\lambda_0}{2(\cos \alpha + \cos \beta) \cos \phi} \quad (13)$$

により求められる。これにより、全ての走査波長 $\lambda$ の光の回折効率が最大化される。

【0 0 1 6】

(例 4) 例 3 のように作成されたラミナー型の回折格子 3 の溝の表面に多層膜を蒸着して回折効率を向上させる方法について説明する。この場合、入射角と回折角が異なるから、W.R.Warburton (Nucl. Instru. Meth., A291, 278-285 (1990)) により一般化された Bragg の条件を満たすように多層膜を形成する必要がある。すなわち、回転角度  $\phi = 0$  (波長  $\lambda_0$ ) に対応する線状領域に蒸着する多層膜の単位膜厚  $d_{b0}$  とするとき、 $d_{b0}$  の最適値は

【数 2 8】

$$m_b \lambda_0 = d_{b0} (R_{\alpha 0} \sin \alpha + R_{\beta 0} \sin \beta) \quad (14)$$

で表される。ここで、 $R_{\alpha 0}$  及び  $R_{\beta 0}$  は、波長  $\lambda_0$  の光に対する多層膜の平均屈折率を  $n$  とし、 $\delta = 1 - n$  とおいたときに、

【数 2 9】

$$R_{\alpha 0} = \sqrt{1 - (2\delta - \delta^2) / \cos^2 \alpha}, \quad R_{\beta 0} = \sqrt{1 - (2\delta - \delta^2) / \cos^2 \beta} \quad (15)$$

で表される量である。同様に、回転角度  $\phi$  (波長  $\lambda$ ) に対応する線状領域に蒸着する多層膜の単位膜厚を  $d_{b\phi}$  とするとき、 $d_{b\phi}$  の最適値は

【数 3 0】

$$m_b \lambda = d_{b\phi} (R_{\alpha\phi} \sin \alpha + R_{\beta\phi} \sin \beta) \quad (16)$$

で表される。ここで、 $R_{\alpha\phi}$  及び  $R_{\beta\phi}$  は、波長  $\lambda$  の光に対する多層膜の平均屈折率を  $n_\phi$  とし、 $\delta_\phi = 1 - n_\phi$  とおいたときに、

【数 3 1】

$$R_{\alpha\phi} = \sqrt{1 - (2\delta_\phi - \delta_\phi^2) / \cos^2 \alpha}, \quad R_{\beta\phi} = \sqrt{1 - (2\delta_\phi - \delta_\phi^2) / \cos^2 \beta} \quad (17)$$

で表される量である。以上のように回転角度  $\phi$  に対応して定められた単位膜厚  $d_{b\phi}$  を有する多層膜を格子面 3 0 に形成すれば、全ての波長  $\lambda$  で光の回折効率を

向上させることができる。

#### 【0 0 1 7】

次に、本発明に係る回折格子をイオンビームエッチングにより作成する方法の一例について図4を参照しながら説明する。まず、格子基板33のエッチング面（格子溝を形成する面）に、格子溝パターンに合わせてフォトリジスト層を形成する。次に、図4に示したように、回折格子の回転中心となる点34を格子基板33のエッチング面上で定め、該エッチング面を細長い扇状の開口41を有するマスク40で覆う。このとき、マスク40の開口41の頂点を格子基板33の回転中心34と一致させる。このようにしたとき、開口41の中心線と、格子基板33のエッチング面上で定められたy軸（格子溝と直交する軸）とが成す角度（格子基板の回転角度）は、回折格子3の回転角度 $\phi$ に対応する。このように格子基板33をマスクした状態で、格子基板33の回転角度 $\phi$ を開口41の頂角分ずつ段階的に変化させることによりエッチング面上の線状領域を順次選択し、各領域に対してイオンビームエッチングを行う。このとき、格子基板33の回転角度 $\phi$ に応じてエッチング条件を適宜変えることにより、各線状領域において形成される溝のブレイズ角又は溝深さを、上記各式により理論的に求められた角度又は深さとすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一形態である円錐回折斜入射分光器を構成する主な光学素子の配置を示す斜視図。

【図2】 回折格子の格子面を示す平面図。

【図3】 (A) 領域R1における格子溝の断面形状、(B1) 領域R2における格子溝の断面形状（従来例）、(B2) 領域R2における格子溝の断面形状（本発明）。

【図4】 本発明に係る回折格子をイオンビームエッチングにより作成する方法の一例について説明するための図。

【図5】 従来の回折格子の駆動方法の一例を説明するための図。

#### 【符号の説明】

1…入口スリット

2 …凹面鏡

3 …回折格子

4 …出口スリット

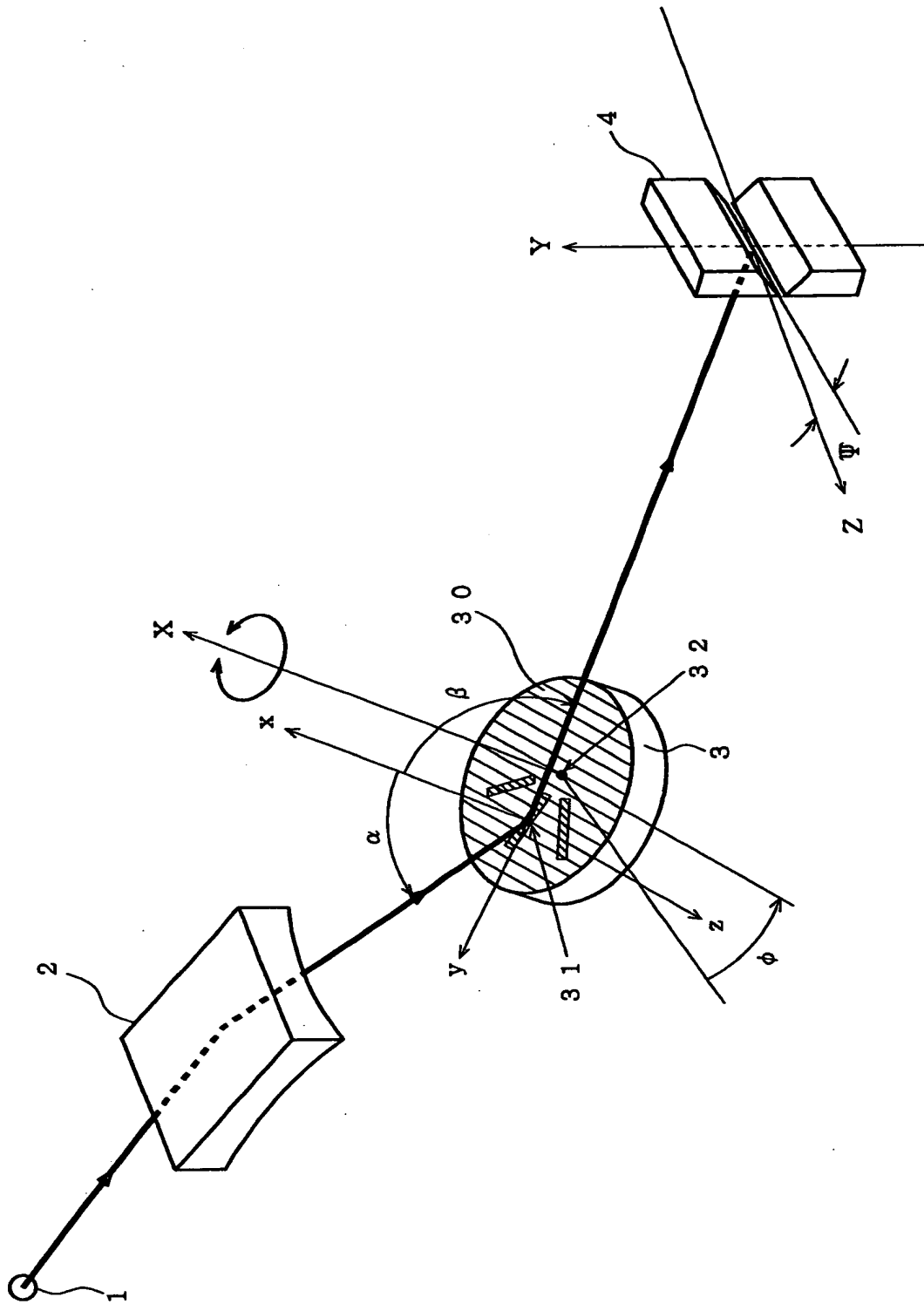
3 0 …格子面

3 1 …入射点

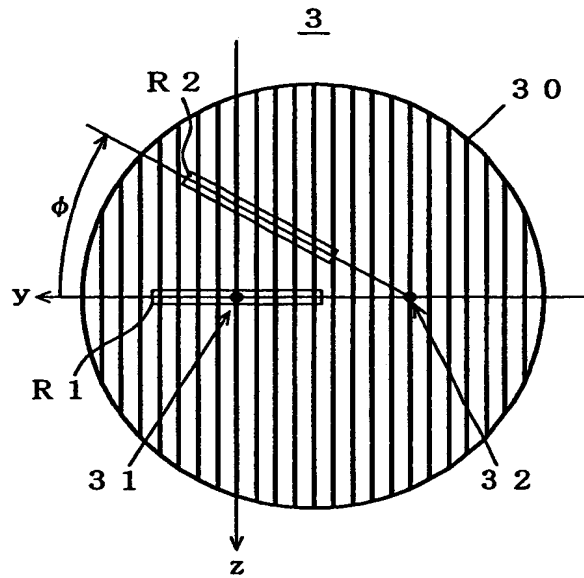
3 2 …回転中心

【書類名】 図面

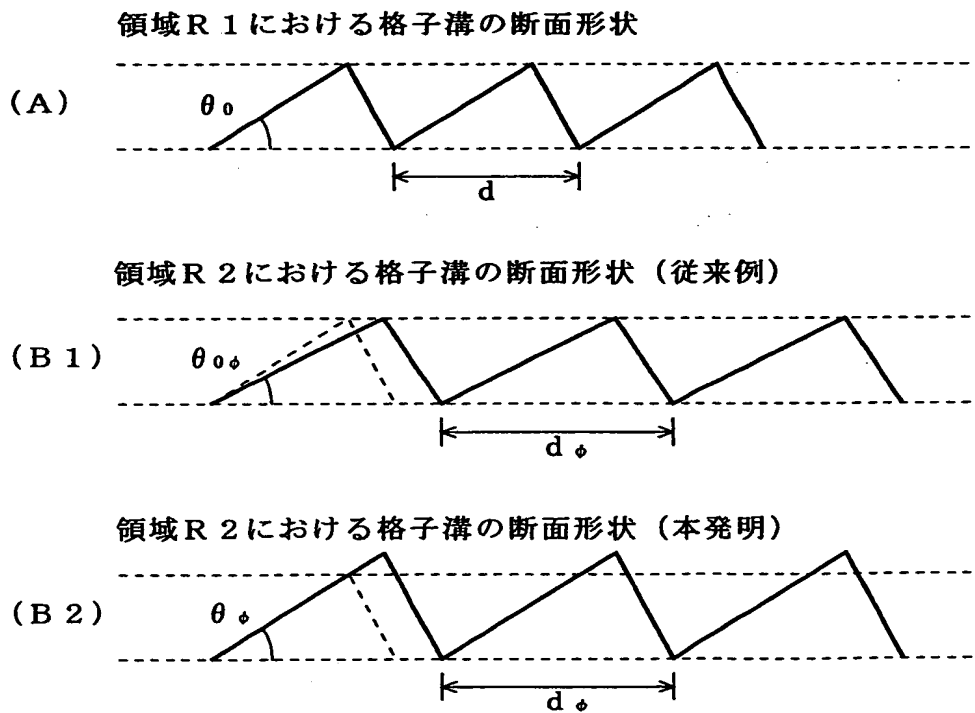
【図 1】



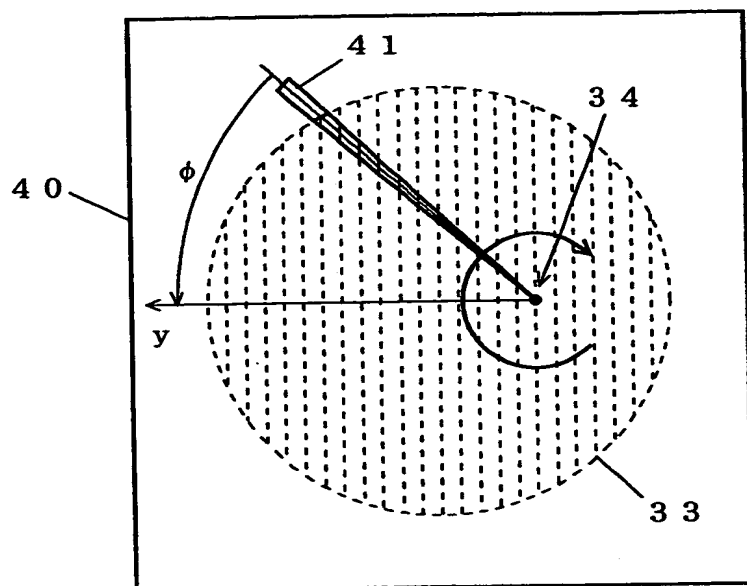
【図 2】



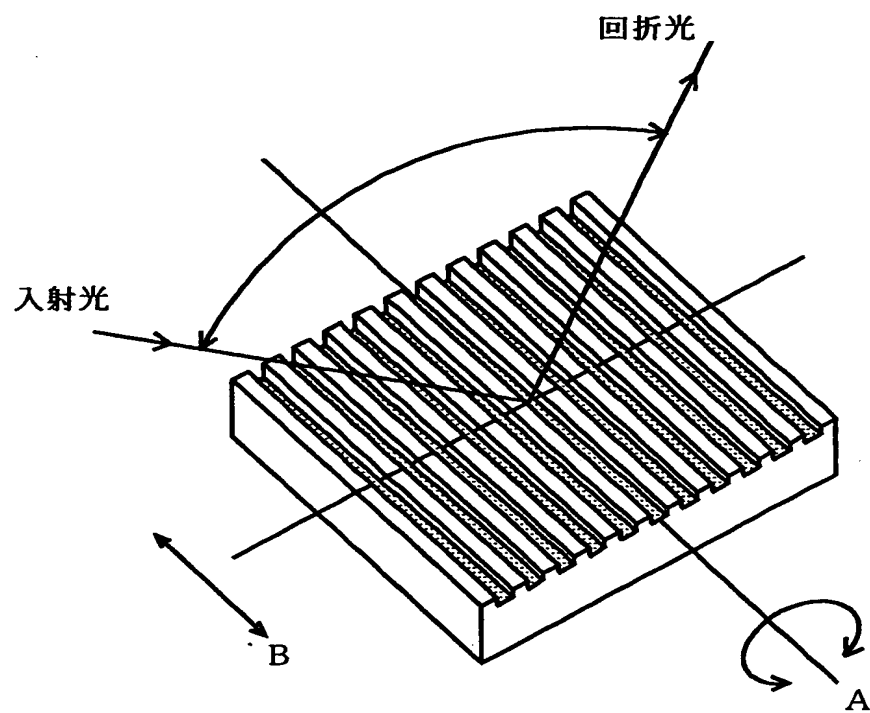
【図 3】



【图 4】



【图 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 格子面に垂直な軸の周りに回折格子を回動させることにより波長走査を行う円錐回折斜入射分光器において、収差が小さく、しかも波長によらず高い回折効率が得られるような分光器及びそのための回折格子を提供する。

【解決手段】 回折格子 3 を回動させる回転中心 3 2 を格子面 3 0 に入射光が入射する点（入射点） 3 1 から離れたところに定める。また、回折格子 3 が回転角度  $\phi$  にあるときに入射光により照明される領域 R 2 における格子溝の断面形状は、その回転角度  $\phi$  に対応する波長  $\lambda$  の光の回折効率が最大となるように決定されている。

【選択図】 図 2



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 0 9 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 6 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区内幸町 2 丁目 2 番 2 号

氏 名 日本原子力研究所